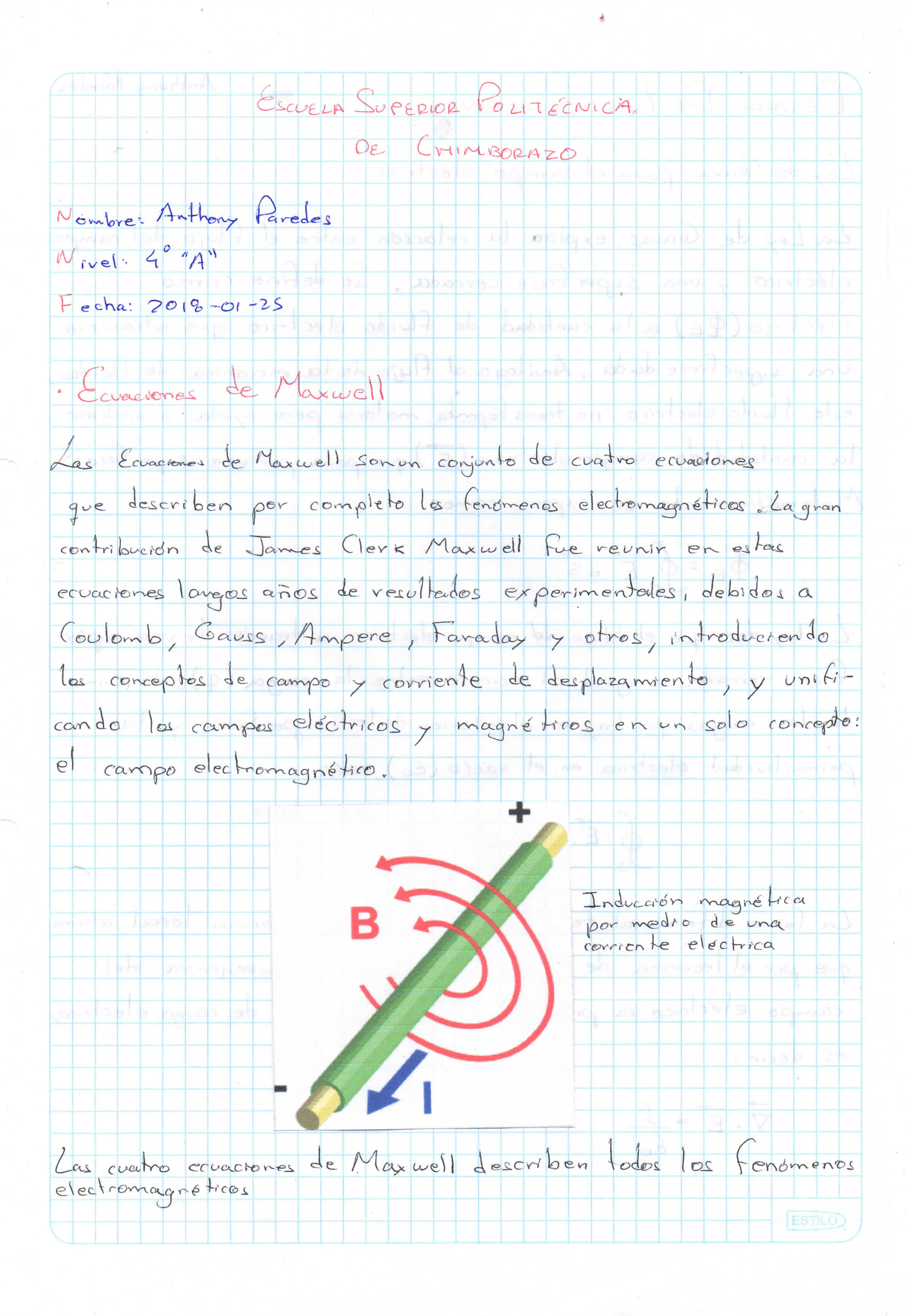
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Nombre: Anthony Paredes
Nivel: 4° "A"
Fecha: 2018-01-25

· Ecuaciones de Maxwell

Las Ecuaciones de Maxwell son un conjunto de cuatro ecuaciones que describen por completo los fenómenos electromagnéticos. La gran contribución de James Clerk Maxwell fue reunir en estas ecuaciones largos años de resultados experimentales, debidos a Coulomb, Gauss, Ampere, Faraday y otros, introduciendo los conceptos de campo y corriente de desplazamiento, y unificando los campos eléctricos y magnéticos en un solo concepto: el campo electromagnético.



Inducción magnética por medio de una corriente electrica

Las cuatro ecuaciones de Maxwell describen todos los fenómenos electromagnéticos

Anthony Paredes

Detalle De Las Ecuaciones

Ley de Gauss para el campo eléctrico

La Ley de Gauss explica la relación entre el flujo del campo eléctrico y una superficie cerrada. Se define como flujo eléctrico (Φ_E) a la cantidad de fluido eléctrico que atraviesa una superficie dada. Análogo al flujo de la mecánica de fluidos, este fluido eléctrico no transfoporta materia pero ayuda a analizar la cantidad de campo eléctrico ($\vec{E}$) que pasa por una superficie S. Matemáticamente se expresa como:

$$\Phi_E = \oint_S \vec{E}\, d\vec{S}$$

La ley dice que el flujo del campo eléctrico a través de una superficie cerrada es igual al cociente entre la carga (q) o la suma de las cargas que hay en el interior de la superficie y la permitividad eléctrica en el vacío (ε_0), así:

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

La forma diferencial de la Ley de Gauss, en forma local, afirma que por el teorema de Gauss-Ostrogradsky, la divergencia del campo eléctrico es proporcional a la densidad de carga eléctrica, es decir:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$$

Anthony Paredes

Donde ρ es la densidad de carga en el medio interior a la superficie cerrada. Intuitivamente significa que el campo E diverge o sale desde una carga $\frac{\rho}{\varepsilon_0}$, lo que se representa gráficamente como vectores que salen de la fuente que las genera en todas direcciones. Por convención si el valor de la expresión es positivo entonces los vectores salen, si es negativo estos entran a la carga.

Para casos generales se debe introducir una cantidad llamada densidad de flujo eléctrico ($\vec{D}$) y nuestra expresión obtiene la forma:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = \rho$$

Flujo electrico de una carga puntual en una superficie cerrada.

Ley de Gauss para el campo magnético

Experimentalmente se llegó al resultado de que los campos magnéticos, a diferencia de los eléctricos, no comienzan y terminan en cargas diferentes. Esta ley primordialmente indica que las líneas de los campos magnéticos deben ser cerradas.

En otras palabras, se dice que sobre una superficie cerrada

Anthony Paredes

No sale ni entra flujo magnético, por lo tanto el campo magnético no diverge. Entonces la divergencia es cero. Matemáticamente esto se expresa así:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$$

Donde $\vec{B}$ es la densidad de flujo magnético, también llamada inducción magnética. Es claro que la divergencia sea cero porque no salen ni entran vectores de campo sino que este hace caminos cerrados. El campo no diverge, es decir la divergencia de B es nula.

Su forma integral equivalente:

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0$$

Como en la forma integral del campo eléctrico, esta ecuación solo funciona si la integral está definida en una superficie cerrada.

Las líneas de campo magnético comienzan y terminan en el mismo lugar, por lo que no existe un monopolo magnético

Anthony Paredes

Ley de Faraday Lenz

La ley de Faraday nos habla sobre la inducción electromagnética la que origina una fuerza electromotriz en un campo magnético. Lo primero que se debe introducir es la fuerza electromotriz ($\mathcal{E}$), si tenemos un campo magnético variable con el tiempo, una fuerza electromotriz es inducida en cualquier circuito eléctrico; y esta fuerza es igual a menos la derivada temporal del flujo magnético, así:

$$\mathcal{E} = -\frac{d\phi_B}{dt}$$

Como el campo magnético es dependiente de la posición tenemos que el flujo magnético es igual a:

$$\phi_B = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{s}$$

Además, el que exista fuerza electromotriz indica que existe un campo eléctrico que se representa como:

$$\mathcal{E} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

con lo que finalmente se obtiene la expresión de la Ley de Faraday

$$\oint \vec{E}\, d\vec{l} = -\int_S \frac{d\vec{B}}{dt} \cdot d\vec{s}$$

Lo que indica q' un campo magnético que depende del tiempo implica la existencia de un campo eléctrico, del que su circulación por un camino arbitrario cerrado es igual a

Anthony Paredes

menos la derivada temporal del flujo magnético en cualquier superficie limitada por el camino cerrado.

Ley de Ampère generalizada

Ampère formuló una relación para un campo magnético inmovil y una corriente eléctrica que no varía en el tiempo. La ley de Ampere nos dice que la circulación en un campo magnético ($\vec{B}$) a lo largo de una curva cerrada C es igual a la densidad de corriente ($\vec{J}$) sobre la superficie encerrada en la curva C, matemáticamente, así:

$$\oint_C \vec{B}\, d\vec{l} = \mu_0 \int_S \vec{J} \cdot d\vec{s}$$

donde μ_0 es la permeabilidad magnética en el vacío.
Pero cuando esta relación se la considera con campos que sí varían a través del tiempo llega a cálculos erróneos, como el de violar la conservación de la carga.
Maxwell corrigió esta ecuación para adaptarla a campos no estacionarios, Maxwell reformuló la ecuación así:

$$\oint_C \vec{B}\, d\vec{l} = \mu_0 \int_S \vec{J}\, d\vec{s} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d}{dt} \int_S \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

En el caso específico estacionario esta relación corresponde a la ley de Ampère, además confirma que un campo eléctrico que varía con el tiempo produce un campo magnético y además es consecuente con el principio de conservación de la carga.

Anthony Paredes

En forma diferencial, esta ecuación toma la forma:

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

En forma sencilla esta ecuación explica que si se tiene un conductor, un alambre recto que tiene una densidad de corriente J, esta provoca la aparición de un campo magnético B rotacional alrededor del alambre y que el rotor de B apunta en el mismo sentido que J.

Las Ecuaciones de Maxwell como ahora las conocemos son las 4 citadas anteriormente y a manera de resumen se puede encontrar en la siguiente tabla

Nombre	Forma Diferencial	Forma Integral
Ley de Gauss	$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$	$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{q}{\varepsilon_0}$
Ley de Gauss para el campo magnético	$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$	$\oint_S \vec{B}\, d\vec{s} = 0$
Ley de Faraday	$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$	$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt}\int_S \vec{B} \cdot d\vec{s}$
Ley de Ampère Generalizada	$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$	$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \int_S \vec{J} \cdot d\vec{s} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d}{dt}\int_S \vec{E} \cdot d\vec{s}$

Estas 4 ecuaciones junto con la fuerza de Lorentz son las que explican cualquier tipo de fenómeno electromagnético.

ESTILO

Anthony Paredes

Actualmente para la velocidad de la luz, la permitividad y la permeabilidad magnética se resumen en la siguiente tabla.

Símbolo	Nombre	Valor	Unidad SI
c	Velocidad de la luz en el vacío	$299\,792\,458 \times 10^{8}$	m/s
ε_0	Permitividad del vacío	$8,854 \times 10^{-12}$	faradios por m
μ_0	Permeabilidad magnética	$4\pi \times 10^{-7}$	henrios por metro

Bibliografía

• www.lawebdefisica.com/dicc/maxwell

• https://es.wikipedia.org//wiki/Ecuaciones_de_Maxwell